

crerons une étude, a été présenté et décrit le 25 février dernier à la Société Philomathique de Paris, qui en publiera prochainement une figure dans son bulletin (*Bull. Soc. Philomathique*, 1905). Prière de s'y reporter pour les figures et les indications bibliographiques.

*SUR LES DIVERS ÉTATS CRISTALLINS DU SOUFRE ET SUR LA TRANSFORMATION
DU SOUFRE MOU EN SOUFRE CRISTALLISÉ,*

PAR M. PAUL GAUBERT.

Le soufre est de tous les corps polymorphes celui qui se présente sous les états cristallins les plus nombreux. On en connaît actuellement au moins huit, et les difficultés qu'il y a à mettre en évidence l'existence de la plupart d'entre eux et leur instabilité permettent de supposer que ce nombre n'est nullement définitif.

D'après M. R. Brauns, auquel on doit le dernier travail sur les divers états cristallins du soufre, on doit distinguer :

1° Le soufre orthorhombique, existant dans la nature, le seul stable à la température ordinaire et qui est le produit de transformation de tous les autres ;

2° Le soufre monoclinique de Mitscherlich, stable à une température qui n'est pas trop éloignée du point de fusion.

Toutes les autres formes passent à cette modification à cette température ;

3° Le soufre nacré découvert par Payen et dont les constantes cristallographiques ont été déterminées par MM. Muthmann et Bruhns. Il a été probablement aussi observé par Pasteur, qui l'a confondu avec le soufre monoclinique de Mitscherlich ;

4° Le soufre probablement monoclinique découvert par M. Muthmann ;

5° Le soufre rhomboédrique de Engel.

Toutes ces modifications ont été obtenues en cristaux isolés, et les constantes cristallographiques ont été déterminées très exactement pour les trois premières. Les suivantes n'ont été préparées que sur une lame de verre par M. R. Brauns et, bien qu'elles aient des propriétés optiques bien distinctes, le système cristallin ne peut pas toujours être déterminé avec sûreté ;

6° Le soufre orthorhombique radié peu biréfringent ;

7° Le soufre monoclinique radié correspondant peut-être au soufre nacré, obtenu par voie sèche, de M. Gernez ;

8° Le soufre trichitique, probablement triclinique⁽¹⁾.

(1) C. FRIEDEL a décrit une forme triclinique obtenue accidentellement sur un bain de soufre.

On verra plus loin qu'il faut ajouter encore une autre modification.

Le soufre cristallise dans ces différents systèmes :

1° Par évaporation, à une température déterminée, d'une solution saturée de ce corps ;

2° Par solidification d'une masse fondue. Les formes qui se produisent ainsi dépendent de la température à laquelle le soufre a été porté, de la durée de l'action de cette dernière et de la vitesse de refroidissement ;

3° Par condensation de la vapeur. Les conditions de température agissant dans les cas précédents interviennent ici et dans les deux modes suivants de production ;

4° Par précipitation chimique du soufre de certains composés sulfurés ;

5° Par la transformation d'une modification cristallisée ou amorphe en une autre.

Le même état du soufre peut être produit de diverses manières et, dans les mêmes conditions, il se forme à la fois plusieurs modifications.

Ces diverses formes peuvent être distinguées les unes des autres par leurs propriétés cristallines s'il s'agit des cinq premières, toutes par leurs propriétés optiques et par la facilité avec laquelle elles passent au soufre orthorhombique α ou au soufre monoclinique β .

La densité, qui serait un excellent critérium, ne peut pas être déterminée pour la plupart des modifications, et les indices de réfraction, encore beaucoup plus précieux, n'ont été malheureusement déterminés que pour le soufre α . Mais la biréfringence, le signe d'allongement, la valeur approximative de l'angle des axes optiques, le polychroïsme, serviront à caractériser les diverses modifications.

Évidemment ces caractères doivent être examinés avec beaucoup d'attention, car les observations sont faites sur des plages cristallines produites sur une lame de verre et leur orientation peut être quelconque. Cependant, comme les cristaux d'une substance ont une tendance à se développer suivant la même face, à s'allonger suivant le même axe cristallographique ou les mêmes arêtes, l'étude des faces d'aplatissement fournit des caractères suffisants pour les distinguer les unes des autres et, par conséquent, pour déterminer à quelle variété elles appartiennent.

Pour étudier les propriétés optiques de ces faces, je me suis servi dans beaucoup de cas de la grande platine de Fedoroff avec laquelle une section peut, dans une certaine mesure, être ramenée perpendiculairement à un axe optique, à une bissectrice, etc. L'angle de rotation maximum de la platine dans l'examen en lumière convergente dépend des dimensions du cristal et de l'objectif employé. Avec le microscope et l'oculaire 5 de Nachet, la plaque peut être tournée de 25 degrés. Une petite lentille placée au-dessous et au centre de la platine m'a permis de faire des observations en lumière convergente, ce qui est très utile, car plusieurs faces d'aplatis-

sement des différentes modifications montrent dans le champ du microscope un axe optique ou une bissectrice.

J'ai passé en revue les caractères des différentes modifications, à l'exception de celles du soufre rhomboédrique de Engel et de la quatrième modification de Muthmann. Les résultats de ce travail seront publiés dans le prochain *Bulletin de la Société française de minéralogie*, et ne je vais donner ici que les conclusions auxquelles je suis arrivé. Seule la transformation du soufre mou en soufre solide va être étudiée ici avec détail.

TRANSFORMATION DU SOUFRE MOU EN SOUFRE CRISTALLISÉ.

Le soufre mou se transforme, comme on sait, plus ou moins rapidement, suivant que la température à laquelle il a été porté était plus ou moins élevée. De tous les corps amorphes connus, c'est celui qui possède la double réfraction la plus énergique quand on comprime ou qu'on étire les filaments. Sous une faible traction, ceux-ci deviennent biréfringents et présentent toute la série des couleurs à mesure qu'on les allonge et donnent très faiblement les blancs d'ordre supérieur. Le plus grand indice de réfraction, n_g , coïncide avec l'axe du filament.

En écrasant les filaments, la biréfringence se produit aussi, mais les teintes ne sont jamais si élevées. Dans ce cas, n_g est transversal. Par conséquent, le plus grand indice de réfraction correspond toujours avec la direction suivant laquelle se fait l'extension.

Le soufre mou, en se transformant, donne naissance aux trois formes cristallines décrites en dernier lieu. Plusieurs méthodes d'observation peuvent être employées. Une des plus pratiques est de chauffer une petite quantité de ce corps sur une lamelle mince. On peut ainsi le porter avec une platine chauffante jusqu'à la température où il s'enflamme au contact de l'air et qui est de 270 degrés.

Une lame couvre-objet assez épaisse est appliquée sur la goutte qui, refroidie ainsi brusquement, ne commence pas à cristalliser avant une demi-heure.

Il se produit, au bout de ce temps, deux sortes de cristaux. Les uns forment des sphérolites très petits, très nombreux, très peu biréfringents et dont l'allongement des fibres est positif. Ils présentent en somme tous les caractères du soufre rhombique radié peu biréfringent. Les autres, très biréfringents, forment de petits cristaux rhombiques appartenant au soufre trichitique et des amas confus, montrant sur les bords de petites bandes aciculaires à allongement négatif et à extinction légèrement oblique. De nombreux trichites identiques à ceux décrits et figurés par M. R. Brauns se voient aussi dans la préparation. Quelquefois des groupements formés de cristaux peu biréfringents et formés par du soufre de O. Lehmann peuvent être observés. Au bout de vingt-quatre heures, du soufre amorphe existe encore, enveloppant les parties cristallisées. Mais, par ce procédé, le soufre

ne peut pas être porté à une température très élevée. Il faut alors se servir des filaments provenant du soufre refroidi dans l'eau par la méthode ordinaire. La transformation commence par la production, à la surface, des fils de petits cristaux rhombiques très biréfringents, de plages s'éteignant les unes sur toute leur étendue, les autres formées de plusieurs secteurs, 6 ou 8, opposés deux à deux par le sommet et à développement souvent inégal. Le plus grand indice de réfraction coïncide avec la direction radiale et ces secteurs s'éteignent suivant leur bissectrice. Ces cristaux peuvent être rapportés sans aucun doute au soufre radié orthorhombique peu biréfringent et les losangiques au soufre trichitique de M. R. Brauns.

Le soufre mou écrasé sur une lame de verre, de façon à donner une couche très mince, peut être aussi observé au microscope dans ses modifications, mais les cristaux produits sont beaucoup plus petits que les précédents et ne sont pas caractéristiques.

Avec un rasoir, des lamelles très minces de soufre mou peuvent être détachées et examinées ensuite sur une lame porte-objet. On peut ainsi se rendre compte que, dans les gros filaments, le refroidissement s'est fait beaucoup plus lentement à l'intérieur qu'à l'extérieur; aussi la cristallisation commence beaucoup plus tôt au centre qu'à la périphérie.

CONCLUSIONS.

1° Le plan des axes optiques du soufre monoclinique est placé dans le plan de symétrie. L'angle αV est égal à 58 degrés environ et la bissectrice n_p fait, approximativement, un angle de 44 degrés avec l'axe vertical.

2° Le soufre nacré se présente fréquemment sur une lame de verre en cristaux aplatis suivant la face p et perpendiculaires à la bissectrice n_p . Les fibres radiées sont généralement parallèles au plan des axes.

3° Le soufre trichitique de M. R. Brauns possède aussi des formes géométriques régulières, rhombiques et le plus petit indice de réfraction coïncide avec la grande diagonale.

4° Le soufre signalé par M. O. Lehmann et identifié par M. R. Brauns avec son soufre trichitique est distinct de ce dernier.

5° Le polychroïsme des modifications obtenues sur une lame de verre, à l'exception peut-être du soufre trichitique de R. Brauns, paraît être due à des inclusions d'une variété non encore déterminée de soufre coloré. On observe en effet des cristaux ayant la même orientation que ceux-ci, et dépourvus de polychroïsme. En outre, ce soufre inclus dans les formes cristallisées favorise leur transformation en soufre rhombique α .

6° Une solution de sulfure de carbone dépose à la température ordinaire, en même temps que du soufre octaédrique, une petite quantité de cristaux de soufre monoclinique β et de soufre nacré. Le fait est mis facilement en évidence en étendant sur une lame de verre porte-objet une

couche d'essence de térébenthine sur laquelle la goutte de sulfure de carbone saturée de soufre est ensuite déposée.

7° Le soufre mou, en devenant cristallin, se transforme d'abord et simultanément en soufre rhombique, radié peu réfringent, en soufre trichitique de R. Brauns et en soufre trichitique de O. Lehmann. La quantité relative de ces trois sortes dépend de la température à laquelle le soufre a été porté.

RÉSULTATS PÉTROGRAPHIQUES DU VOYAGE DE M. MAURICE DE ROTHSCHILD
DANS LE PAYS SOMALI-DANKALI ET EN ABYSSINIE,

PAR MM. H. ARSANDAUX ET H. NEUVILLE.

M. Maurice de Rothschild a rapporté de son récent voyage dans l'Est-Africain, un ensemble de documents d'ordre pétrographique, concernant l'itinéraire suivant :

Aller. — De Diré-Daoua (point terminus actuel du chemin de fer de Djibouti à Harar) à Addis-Abbeba, par les plateaux Harari et le Tchercher, passant l'Aouache au *Pont de fer*, et, de là, gagnant le Choa par les localités de Tadetchamalka et Baldji.

Retour. — D'Addis-Abbeba à Diré-Daoua, en descendant la vallée supérieure de l'Aouache jusqu'au *Pont de fer*, et de là gagnant le point terminus du voyage par la route désertique de l'Assabot.

Une partie de cet itinéraire a été déjà étudiée antérieurement, à la suite de la mission de M. H. Weld Blundell⁽¹⁾ (1899-1900), puis de celle de M. J. Duchesne-Fournet⁽²⁾ (1901-1902). Les documents récemment rapportés viennent confirmer les résultats pétrographiques acquis précédemment, et ceux qu'il convient d'envisager plus particulièrement sont relatifs au bassin supérieur de l'Aouache, au-dessus du *Pont de fer*, documents qui ont été recueillis par l'un de nous suivant un itinéraire tout à fait nouveau.

L'ensemble de la collection pétrographique rapportée par M. Maurice de Rothschild met une fois de plus en évidence la prédominance des roches éruptives sur les roches sédimentaires dans le bassin de l'Aouache.

Les roches éruptives sont basaltiques ou trachytiques, leurs relations avec les roches sédimentaires (calcaires jurassiques ou crétacés, grès non fossilifères) sont rarement saisissables dans le bassin de l'Aouache; cepen-

(1) Petrological notes on Rocks from Southern Abyssinia, by Catherine A. RAISIN. *Quart Journ.*, 1903.

(2) *Comptes rendus*, 23 novembre et 28 décembre 1903. Congrès des Sociétés savantes de 1904.